

01P 23537



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑨7 EP 0 932 842 B 1

⑩ DE 697 11 902 T 2

⑤1 Int. Cl. 7: *B4*
G 01 T 1/24
G 01 T 1/29

②1 Deutsches Aktenzeichen: 697 11 902.5
⑧6 PCT-Aktenzeichen: PCT/EP97/05436
⑨6 Europäisches Aktenzeichen: 97 909 356.4
⑧7 PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 98/16853
⑧6 PCT-Anmeldetag: 29. 9. 1997
⑧7 Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: 23. 4. 1998
⑨7 Erstveröffentlichung durch das EPA: 4. 8. 1999
⑨7 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 10. 4. 2002
④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 14. 11. 2002

③0 Unionspriorität:
9621470 15. 10. 1996 GB

⑦3 Patentinhaber:
Simage OY, Espoo, FI

⑦4 Vertreter:
Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65183
Wiesbaden

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU,
MC, NL, PT, SE

⑦2 Erfinder:
PYYHTIÄ, Ilari, Jouni, FIN-01360 Vantaa, FI;
SPARTIOTIS, Evangelos, Konstantinos, GR-155
Athens, GR

⑤4 STRAHLUNGS-BILDAUFNAHMEVORRICHTUNG

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 697 11 902 T 2

5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Abbildungseinrichtung für das Abbilden von Strahlung, wobei die Abbildungseinrichtung ein Feld von Bildzellen aufweisen.

Abbildungseinrichtungen, die ein Feld von Bildzellen der verschiedensten Typen aufweisen sind bekannt.

Ladungsgekoppelte Bildsensoren (auch als Charged Coupled Devices - CCDs - bezeichnet) bilden einen Typ einer bekannten Abbildungseinrichtung. Eine Vorrichtung vom CCD-Typ arbeitet in folgender Weise:

1. Es wird Ladung innerhalb eines Verarmungsbereiches gesammelt, welcher durch eine angelegte Spannung erzeugt wird. Für jedes Pixel (Bildzelle) hat der Verarmungsbereich eine Potentialbrunnen- bzw. Potentialtopf- (Well-) Form und beschränkt Elektronen auf den Bereich unter einem Elektrodengate, so daß sie innerhalb des Halbleitersubstrates bleiben.

2. Spannung wird in Form eines Impulses an den Elektrodengates der CCD-Einrichtung angelegt, um taktweise jedes Ladungspaket an eine benachbarte Pixelzelle weiterzugeben. Die Ladung bleibt innerhalb des Halbleitersubstrates und wird Pixel für Pixel und taktweise an einen gemeinsamen Ausgang weitergegeben.

20 Während dieses Vorgangs kann keine weitere Ladung aufgesammelt werden.

Ein anderer Typ einer Abbildungseinrichtung, die bekannt ist, ist ein Halbleiterpixeldetektor, welcher ein Halbleitersubstrat mit Elektroden aufweist, die eine Verarmungsspannung an jede Pixelposition anlegen und ein Ladungssammelvolumen bilden. Typischerweise lesen einfache Pufferschaltkreise die elektrischen Signale aus, wenn ein Photon photoabsorbiert wird oder wenn ionisierende Strahlung die Verarmungszone des Substrates durchquert. Dementsprechend arbeiten Pixeldetektoren dieses Typs typischerweise in einem gepulsten Betrieb bzw. Pulsbetrieb, wobei die Trefferanzahl außerhalb der Abbildungseinrichtung gesammelt bzw. akkumuliert wird. Die Pufferschaltkreise können entweder auf demselben Substrat ausgebildet sein wie die Ladungssammelvolumina (EP-A-0,287,197) oder auf einem getrennten Substrat (EP-A-0,571,135), welches beispielsweise gemäß der wohlbekannten "Bump-Bonding-Technik" mechanisch mit einem Substrat verbunden (gebondet) ist, welches die Ladungssammelvolumina hat.

Ein weiterer Typ einer Einrichtung wird in der internationalen Anmeldung WO 95/33332 und der UK-Patentanmeldung GB 2,289,979 A beschrieben. In der WO 95/33332 wird eine Aktivpixelhalbleiterabbildungseinrichtung (ASID) beschrieben. Die ASID weist ein Feld von Pixelzellen auf, die ein Halbleitersubstrat umfassen, das ein Array von Pixeldetektoren und ein weiteres Array von Pixelschaltkreisen hat. Die Pixeldetektoren erzeugen Ladung in Reaktion auf einfallende Strahlung. Jedem Pixelschaltkreis ist ein entsprechender Pixeldetektor zugeordnet und sammelt Ladung, welche von der Strahlung herrührt und auf das Pixel auftrifft. Die Pixelschaltkreise sind individuell adressierbar und weisen eine Schaltung auf, die es ermöglicht, daß Ladung von einer Mehrzahl aufeinanderfolgender Strahlungstreffer auf die entsprechenden Pixeldetektoren gesammelt wird. Die

Einrichtung arbeitet durch Aufsammeln der Ladung an dem Gate, beispielsweise eines Transistors. Dementsprechend erhält man eine analoge Speicherung des Ladungswertes. Zu einem festgelegten Zeitpunkt kann die Ladung von den Pixelschaltkreisen ausgelesen und verwendet werden, um ein Bild auf der Basis der analogen Ladungswerte zu erzeugen, die in jedem der Pixelschaltkreise gespeichert sind.

CCD-Einrichtungen haben den Nachteil eines begrenzten Dynamikbereiches aufgrund der begrenzten Kapazität des Potential-Wellen innerhalb des Halbleitersubstrates und auch aufgrund der inaktiven Zeiten, während welcher ein Bild ausgelesen wird. Impulszählende halbleitende Pixeleinrichtungen haben ebenfalls den Nachteil eines begrenzten Dynamikbereiches. Da diese Einrichtungen den Pixelkontakt auslesen, wenn ein Treffer erfaßt wird, leiden sie unter Sättigungsproblemen bei hohen Zählraten. Die halbleitende Pixeleinrichtung gemäß WO 95/33332 hat gegenüber dem früheren Stand der Technik signifikante Vorteile, indem sie einen großen Dynamikbereich für die Aufsammlung von Bildern bzw. Bildladungen bereitstellt.

Jedoch haben CCD-Abbildungseinrichtungen und die Abbildungseinrichtungen des Typs, die in der WO 95/33332 beschrieben ist, einen potentiellen Nachteil dahingehend, daß die Ausgangssignale von den individuellen Pixelzellen der Aufsammlung von Ladungsintensität an der betreffenden Pixelzelle zwischen den Auslesezeiten entspricht. Dies bedeutet, daß Strahlungstreffer unterschiedlicher Energien zu einer ungenauen Zählung der Strahlungstreffer führen könnten. Beispielsweise würde eine relativ kleine Anzahl höherenergetischer Strahlungstreffer dasselbe Ausgangssignal liefern wie eine größere Anzahl niederenergetischer Strahlungstreffer (z.B. der Treffer von gestreuter Strahlung).

Die Erfindung versucht, die Probleme des oben beschriebenen Standes der Technik abzumildern.

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird eine Abbildungseinrichtung bereitgestellt, um Strahlung abzubilden, mit einer Abbildungszellenanordnung (Array) einschließlich eines Arrays von Detektorzellen, die Ladung in Reaktion auf einfallende Strahlung erzeugen, und mit einem Array von Bildzellschaltkreisen, wobei jeder Bildzellschaltkreis einer entsprechenden Detektorzelle zugeordnet ist und wobei der Bildzellschaltkreis einen Zählschaltkreis zum Zählen mehrerer Strahlungstreffer aufweist, die auf die zugehörige Detektorzelle auftreffen.

Indem jeder einfallende Strahlungstreffer auf jeder Bildzelle gezählt wird, ist es möglich, eine exakte Zählung der Anzahl von Treffern auf jeder Bildzelle selbst bei hohen Intensitäten (das heißt hohen Trefferraten) bereitzustellen. Ein Beispiel einer Einrichtung gemäß der Erfindung vermeidet die Bandbreitenprobleme beim Auslesen durch Zählen an den Bildzellen und Zulassen des Auslesens mit einer wesentlich geringeren Rate als dies bei typischen Impulszähleinrichtungen der Fall wäre, wo die Signale aus der Einrichtung ausgelesen werden müssen, bevor sie gezählt werden. Die Erfindung vereinfacht auch die Verarbeitung, die beim Auslesen des Inhaltes des Arrays von Bildzellen erforderlich ist. Typischerweise sind die Bildzellen Pixel eines zweidimensionalen Arrays. Die Bildzellen könnten jedoch auch Streifen in einer Streifenzeile in einer Bildstreifen- bzw. Bildzeileinrichtung sein.

Vorzugsweise weist der Bildzellschaltkreis einen Grenzwertschaltkreis auf, der so angeschlossen ist, daß er Signale empfängt, welche in der zugehörigen Detektorzelle erzeugt wurde und die Werte haben, welche von der Energie der einfallenden Strahlung abhängig sind, wobei der Zähler mit dem Grenzwertschaltkreis verbunden ist, um nur Strahlungstreffer innerhalb eines vorbestimmten Energiebereiches oder innerhalb vorbestimmter Energiebereiche zu zählen.

Indem eine Eingrenzung der Signale auf jeder Bildzelle bereitgestellt wird, ist es möglich, die erforderliche Speicherkapazität des Zählers zu verringern, und außerdem die Anzahl von Strahlungstreffern einer gewünschten Energie exakt aufzuzeichnen. Indem nur die Treffer von ausgewählten Strahlungsenergien aufgezeichnet werden, ist es möglich, beispielsweise sicherzustellen, daß nur direkt auftreffende Strahlen gezählt werden und das Zählen von Treffern, die von gestreuten reflektierten oder gebeugten Strahlen (die eine geringere Energie haben) kann vermieden werden. Durch Verwendung dieser Technik kann die Gesamtqualität und Auflösung eines Bildes in hohem Maße verbessert werden.

Vorzugsweise weist der Grenzwertschaltkreis erste und zweite Vergleiche für das Vergleichen eines Eingangssignalwertes mit oberen bzw. unteren Grenzwerten auf. Dadurch, daß zwei Komparatoren verwendet werden, ist es möglich, Signale innerhalb eines Bereiches zu identifizieren, der obere und untere Grenzen hat. Mit einem einzelnen Grenzwertkomparator wäre es möglich, eine Speicherung von Signalen entweder oberhalb oder unterhalb dieses Grenzwertes zu erhalten.

In einer ersten Ausführungsform reagiert ein Triggerschaltkreis auf Ausgangsgrößen der ersten und zweiten Komparatoren, um eine Zählung in einem Zähler in Reaktion auf Eingangssignale, welche einen Wert zwischen den ersten und zweiten Grenzwerten haben, schrittweise heraufzusetzen. Vorzugsweise wird dies erreicht durch Bereitstellen des Triggerschaltkreises mit einem Flip-flop, der einen Takteingang hat, welcher über einen Verzögerungsschaltkreis mit einem Ausgang des zweiten Komparators verbunden ist, wobei ein Datensignaleingang über einen Einzelschritt-schaltkreis mit einem Ausgang des ersten Komparators verbunden ist und ein Ausgang mit dem Zähler verbunden ist.

Damit der Bildsammelprozeß im wesentlichen kontinuierlich abläuft, ist der Ausgang des Zählers mit einem ladbaren Schieberegister verbunden. Das Schieberegister des Bildzellschaltkreises ist in Reihe mit entsprechenden Schieberegistern weiterer Bildzellschaltkreise des Arrays verbunden.

In einer alternativen Ausführungsform reagiert ein erster Zähler auf die Ausgangsgröße des ersten Komparators und ein zweiter Zähler reagiert auf die Ausgangsgröße bzw. den Ausgangswert des zweiten Komparators. Um zu ermöglichen, daß der Bildsammelprozeß im wesentlichen kontinuierlich abläuft, ist in dieser Ausführungsform der Ausgang des ersten Zählers mit einem ersten ladbaren Schieberegister verbunden und der Ausgang des zweiten Zählers ist mit einem zweiten ladbaren Schieberegister verbunden. Die ersten und zweiten ladbaren Schieberegister sind miteinander verkettet (in Reihe oder möglicherweise zumindest teilweise parallel) und auch mit Schieberegistern weiterer Bildzellschaltkreise des Arrays.

Vorzugsweise sind die Schieberegister der Bildzellschaltkreise mit einer Ausgangsschieberegisteranordnung außerhalb des Arrays verbunden. Vorzugsweise hat das Ausgangsschieberegister eine zweifache X-Y-Konfiguration.

Die Erfindung stellt auch ein Abbildungssystem bereit, welches eine Abbildungseinrichtung gemäß einem der nachfolgenden Ansprüche aufweist.

Beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung werden im folgenden beschrieben, jedoch nur beispielhaft, und zwar unter Bezug auf die zugehörigen Figuren, in welchen gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sind und von denen:

Figur 1 ein schematisches Blockdiagramm einer Gesamtkonfiguration eines Abbildungssystems ist,

Figur 2 ein Querschnitt eines Beispiels einer Pixelabbildungseinrichtung ist,

Figur 3 ein schematisches Diagramm eines Bildzellschaltkreises des Bilddetektors nach Figur 2 ist,

Figur 4 ein schematisches Blockdiagramm eines Beispiels eines Grenzwertschaltkreises des Bildzellschaltkreises nach Figur 3 ist,

Figur 5 ein schematisches Blockdiagramm eines Beispiels eines Zählerschaltkreises eines Bildzellschaltkreises nach Figur 3 ist,

Figur 6 ein alternatives Beispiel eines Zählerschaltkreises eines Bildzellschaltkreises nach Figur 3 ist,

Figur 7 eine digitale Auslesekonfiguration für ein Array von Bildzellschaltkreisen ist, und

Figur 8 ein schematisches Blockdiagramm eines zweifachen X-Y-Schieberegisters ist.

Figur 1 ist ein schematisches Blockdiagramm eines Beispiels eines Abbildungssystems, welches eine Abbildungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet. Diese besondere Ausführungsform ist auf die Abbildung von hochenergetischer Strahlung gerichtet, beispielsweise Röntgenstrahlung. Mit hochenergetischer Strahlung ist Strahlung gemeint, die eine Energie oberhalb von näherungsweise 1 Kev hat. Die Erfindung ist jedoch keinesfalls auf Hochenergiestrahlung wie z.B. Röntgenstrahlung beschränkt, sondern könnte auch auf die Erfassung irgendeiner speziellen Strahlung, beispielsweise γ -Strahlung, β -Strahlung, α -Strahlung, infraroter oder optischer Strahlung, angewendet werden, je nach der passenden Auswahl eines Halbleitersubstrates und der Grenzwerte, wie sie später noch beschrieben werden.

Das Abbildungssystem 10 nach Figur 1 ist dargestellt als eines, welches ein Abbild eines Objektes 12 liefert, welches der Strahlung 14 ausgesetzt ist. In diesem Beispiel kann die Strahlung beispielsweise Röntgenstrahlung sein, wie oben erwähnt, sie könnte alternativ jedoch auch γ -Strahlung, β -Strahlung oder α -Strahlung sein. Das Objekt 12 kann beispielsweise ein Teil eines menschlichen Körpers sein. Die Abbildungseinrichtung 16 weist eine Mehrzahl von Bildzellen (hier Pixelzellen 18 eines zweidimensionalen Pixelarrays) auf. Im folgenden wird auf Pixelzellen Bezug genommen, auch wenn es sich versteht, daß in anderen Ausführungsformen die individuellen Bildzellen eine Konfiguration haben können, die eine andere ist als die eines Pixels innerhalb eines zweidimensionalen Arrays (z.B. eine Streifen- bzw. Zeilenanordnung).

Die Abbildungseinrichtung umfaßt direkt hochenergetische einfallende Strahlung und sammelt an jeder Pixelzelle eine Zahl der auf dieser Pixelzelle auftreffenden Strahlungstreffer.

Die Abbildungseinrichtung wird als ein einzelnes Halbleitersubstrat konfiguriert (beispielsweise aus Silicium), wobei jede Pixelzelle einen Pixeldetektor 19 und einen Pixelschaltkreis 20 aufweist. Alternativ kann die Abbildungseinrichtung 16 auf zwei Substraten konfiguriert sein, eines mit einem Feld von Detektorzellen und eines mit einem Feld von entsprechenden Pixelschaltkreisen 20, wobei die Substrate mechanisch miteinander verbunden sind, beispielsweise durch die konventionelle Bump-Bonding-Technik oder irgendeine andere geeignete Technik.

Figur 2 ist ein schematischer Querschnitt eines Teils einer Abbildungseinrichtung 16. In diesem Beispiel weist die Abbildungseinrichtung 16 ein Bilddetektorsubstrat 30 auf, welches mit einem Bildschaltkreissubstrat 32 mit Hilfe von Bump-Verbindungen 34 verbunden ist. Ein Pixeldetektor 19 jeder Pixelzelle 18 ist auf dem Detektorsubstrat 30 durch eine durchgehende Elektrode 36 definiert, die eine Vorspannung anlegt, sowie durch Pixelortselektroden 38, um eine Detektionszone für die Pixelzelle 18 zu definieren. Entsprechende Pixelschaltkreise 20 auf dem Bildschaltkreissubstrat 32 sind an Stellen definiert, welche den Elektroden 38 entsprechen (das heißt an den Pixeldetektoren 19). Die Pixelschaltkreise 20 sind elektrisch mit den entsprechenden Elektroden 38 durch Punktkontakte (Bump Bonds) 34 verbunden. Auf diese Weise wird, wenn Ladung in einem Pixeldetektor 19 in Reaktion auf einfallende Strahlung erzeugt wird, diese Ladung über die Punktverbindung 34 mit dem entsprechenden Pixelschaltkreis 20 verbunden. Die jeweilige Größe des Pixelschaltkreises und des Pixeldetektors hängt von der Anwendung ab, für welche die Abbildungseinrichtung vorgesehen ist und sie hängt auch von der für den Aufbau des Abbildungsschaltkreises 20 verfügbaren integrierten Schaltungstechnologie ab, die später noch beschrieben wird. Mit der derzeitigen Schaltungstechnologie ist es nicht möglich, die kleinstmöglichen Bilddetektoren zu erhalten, wie sie für einige Anwendungen erforderlich wären. Typischerweise liegt die minimale Pixelgröße in der Größenordnung von 200 Quadratmikrometern bei Verwendung der derzeitigen Technologie. Mit den in der Schaltungsherstellungstechnologie zu erwartenden Fortschritten ist jedoch zu erwarten, daß diese minimale Größe unter Verwendung der Lehre der vorliegenden Anmeldung und verbesserter Schaltungsherstellungstechniken beträchtlich vermindert werden kann. Dementsprechend ist die vorliegende Erfindung nicht auf irgendeine spezielle Pixelbildgröße beschränkt.

Wie oben erwähnt, könnten die Pixeldetektoren und die Pixelschaltkreise integral auf einem einzigen Halbleitersubstrat aufgebaut werden. Eine solche Implementierung ist möglich, bietet jedoch Herausforderungen, die zu der vorliegenden Erfindung nicht in Beziehung stehen und sich auf die Schaltungsherstellungstechniken beziehen. Mit geeigneten Schaltungsherstellungstechniken ist die hier beschriebene Erfindung in perfekter Weise für die Implementierung auf einem einzigen Halbleitersubstrat anwendbar, im Gegensatz zu der hier beschriebenen Technik mit zwei Substraten.

Jegliche geeignete Halbleitermaterialien können für die Substrate verwendet werden. Beispielsweise kann Silicium für das Detektorsubstrat und für das Bildschaltkreissubstrat verwendet werden. Auch andere Halbleitermaterialien könnten verwendet werden. Beispielsweise könnte für

das Detektorsubstrat das Material ausgewählt werden aus: CdZnTe, CdTe, Hgl₂, InSb, GaAs, G
TIBr, Si und Pbl.

Figur 3 ist ein schematisches Diagramm eines individuellen Pixelschaltkreises 20. Der Pixe
detektor 19 wird durch die Diode in Figur 3 wiedergegeben. Der Eingang 50 zu dem Pixelschaltkre
20 entspricht der Bump-Bonding- (Punkt-) Verbindung 34 zwischen dem Pixeldetektor 19 und de
Pixelschaltkreis 20.

Wenn in einem Detektionsbereich des Pixeldetektors 19 ein Photon photoabsorbiert wird ur
eine elektrische Ladung erzeugt, oder wenn eine Ladungsstrahlung eine Detektionszone des Pixe
detektors ionisiert, so fließt ein elektrischer Impuls von dem Pixeldetektor 19 über die Punktverbi
dung 34/50 zu dem Grenzwertschaltkreis 42 des Pixelschaltkreises 20. Der Grenzwertschaltkreis 4
filtert in effektiver Weise die Eingangsstrahlungsintensität durch Vergleichen des Eingangsin
pulspeaks mit einem oder mehreren Grenzwerten. Der Ausgang des Grenzwertschaltkreises 42 is
mit einem Zählerschaltkreis 44 verbunden, um Impulse (Strahlungstreffer) innerhalb eines oder meh
rerer vorbestimmter Bereiche zu zählen, wie es durch den Grenzwertschaltkreis definiert wird. De
Zählerschaltkreis ist für Zwecke des Auslesens mit anderen Zählerschaltkreisen anderer (typischer
weise benachbarter) Pixelschaltkreise verbunden. Verschiedene Eingänge des Pixelschaltkreises 20
umfassen Halte- 52, Lade- 54, Freigabe- 56, Reset- 58 und Takt- 62 Signalleitungen und Span
nungszufuhrleitungen Vdd und Vss (nicht dargestellt).

Figur 4 ist ein schematisches Blockdiagramm des Grenzwertschaltkreises 42, der in Figur 3
wiedergegeben ist. Wie in Figur 4 dargestellt, ist ein Schutzschaltkreis 60 mit dem Eingangsknoter
50 (das heißt der Punktverbindung 34 mit dem Pixeldetektor 19) verbunden. Der Schutzschaltkreis
ist vorgesehen, um eine Beschädigung aufgrund von Über- oder Unterspannungswerten zu verhin
dern und wird typischerweise durch zwei Dioden bereitgestellt, die mit den hohen und niedrigen Zu
fuhrleitungen Vdd und Vss (nicht dargestellt) verbunden sind. Der Ausgang des Schutzschaltkreises
60 ist mit einem Verstärker/Formgebungsschaltkreis 62 verbunden, der ein analoges Signal erzeugt,
welches der Ladungsindizierung eines Deltapeaks proportional ist. Vorzugsweise ist der Verstär
ker/Former 62 mit Hilfe eines ladungsempfindlichen Verstärkers, auf welchen ein Former bzw.
Formgeber folgt, implementiert. Die Formgebungszeit hängt von der maximalen Signalrate auf ei
nem Pixel ab. Figur 4 veranschaulicht einen optionalen Grundliniensubtraktionsschaltkreis, der er
forderlich ist, wenn der Leckstrom innerhalb der ausgewählten Formgebungszeit signifikant variiert.
Als Option kann man die Zeit wählen, wenn die Grundlinie abgetastet wird. In diesem Fall wird die
Grundlinie außerhalb der normalen Meßzeiten abgetastet.

Ein Differenzverstärker 66 subtrahiert die Basisleitung, so daß Komparatoren 68 und 70 die
echte Peaksignalhöhe sehen. Die ersten und zweiten Komparatoren 68 und 70 haben jeweils hohe
und niedrige Grenzwerte 72 und 74, die in sie eingegeben werden. Die hohen und niedrigen Grenz
werte können höhere und niedrigere Grenzwerte akzeptierter Signalamplituden repräsentieren. In
diesem Fall werden irgendwelche Signalpeaks unterhalb des unteren Grenzwertes und oberhalb des
hohen Grenzwertes durch den Zählerschaltkreis 44 zurückgewiesen. Wenn der Peaksignalwert den

hohen Grenzwert 72 übersteigt, so gibt der erste Komparator 68 eine logische 1 aus, ansonsten gibt er eine logische 0 aus.

In ähnlicher Weise gibt, wenn der Peaksignalwert den unteren Grenzwert 74 übersteigt, der zweite Komparator 70 eine logische 1 aus, ansonsten gibt er eine logische 0 aus. Es versteht sich, daß die Vergleichsausgangswerte der vorliegenden Ausführungsform nur ein Beispiel bilden und daß in anderen Ausführungsformen der Erfindung andere Werte als Ergebnis der Vergleiche ausgegeben werden könnten.

Figur 5 ist ein schematisches Blockdiagramm eines ersten Beispiels eines Zählerschaltkreises 44. Je nach den Formgebungsparametern und Signalamplituden kommt das hohe Ausgangssignal 76 von dem ersten Komparator 68 immer etwas später als das niedrige Ausgangssignal 78 von dem zweiten Komparator 70. In Figur 5 wird das hohe Ausgangssignal 76 von dem ersten Komparator 68 einem Einzelschrittschaltkreis 80 zugeführt, der auf das Freigabesignal 56 reagiert. Der niedrige Ausgangswert 78 von dem zweiten Komparator wird einem Verzögerungsschaltkreis 82 zugeführt. Durch Anlegen einer Verzögerung an den niedrigen Ausgangswert 78, kann die Reihenfolge der Signale 76 und 78 umgekehrt werden, so daß das von dem Verzögerungsschaltkreis 82 an den Takteingang C eines D-Flipflops 84 empfangene Signal immer später kommt als der invertierte Ausgangswert des Einzelschrittschaltkreises 80, der dem D-Eingang des Flipflops 84 zugeführt wird. Wenn der hohe Grenzwert 72 durch das Eingangssignal nicht überschritten wurde, so wird der Ausgang Q des Flipflops 84 auf high gesetzt. Der Ausgang Q des Flipflops 84 ist über ein Verzögerungsglied 86 mit einem Rückstelleingang RESET des Flipflops 84 verbunden, um zu bewirken, daß der Flipflop nach einer Verzögerung D2 zurückgesetzt wird, um eine minimale Impulslänge für das Ausgangs-"clk"-Signal von dem Q-Ausgang des Flipflops 84 sicherzustellen. Eine Alternative für das Zurückkoppeln des Ausgangs Q mit dem Verzögerungsglied 86 wird durch die gestrichelte Linie 85 von dem Verzögerungsschaltkreis 82 wiedergegeben. Auch wenn in Figur 5 ein D-Flipflop 84 dargestellt ist, könnte auch ein anderer Typ von Flipflop verwendet werden.

Die Länge des einfach getriggerten Einzelschrittschaltkreises 80 ist so angepaßt, daß sie mit der ansteigenden Flanke des niedrigen Ausgangssignales 78 von dem zweiten Komparator 70 bei allen Signalamplituden zusammenfällt.

Der Ausgang "clk" von dem Ausgang Q des Flipflops 84 wird als Eingangsgröße für einen asynchronen n-Bit-Zähler 88 bereitgestellt. Entsprechend dem Typ des verwendeten Zählers kann das Zählen mit einem Freigabesignal 56 abgeschaltet werden, bevor ein n-Bit-Ausgangswert von dem Zähler 88 in ein ladbares Schieberegister 90 geschaltet bzw. verriegelt wird. Der Zähler 88 kann dann zurückgesetzt werden und der Zähler 88 kann freigeschaltet werden, um mit dem Zählen fortzufahren. Das Lesen aus dem Pixelschaltkreis kann dann während der nächsten Zählperiode in Reaktion auf das Taktsignal 92 bewirkt werden.

Die gesamte Betriebsweise der in Figur 5 dargestellten, getriggerten Zähleranordnung besteht darin, eine Zählung in dem Zähler 88 jedesmal dann aufzusammeln bzw. zu akkumulieren, wenn ein Signal in Reaktion auf einen Strahlungstreffer empfangen wird, der eine Energie zwischen den hohen und niedrigen Grenzwerten 72 und 74 hat.

Eine alternative Ausführungsform für den Zählerschaltkreis ist in Figur 6 dargestellt. Bei der alternativen Zählerschaltkreis nach Figur 6 werden sowohl die niedrigen als auch die hohen Ausgangszählungen direkt erhalten. Diese Schaltung erfordert mehr Schaltkreischipfläche und Ausleszeit als die Schaltung nach Figur 5, sie ermöglicht jedoch ein direktes Auslesen der Anzahl von Zählungen zwischen den Grenzwerten durch Subtrahieren der niedrigen Zählung von der hohen Zählung und ermöglicht auch die Ausgabe der Anzahl von Zählungen, die höher als die obere Grenz sind, indem die höher liegende Zahl allein gezählt wird.

In Figur 6 ist daher ein asynchroner n -Bit-Zähler 94 direkt angeschlossen, um den hohen Ausgangswert des ersten Komparators 68 zu empfangen. Ein asynchroner n -Bit-Zähler 96 ist angeschlossen, um den Ausgangswert des zweiten Komparators 70 zu empfangen. In Reaktion auf Ladesignale 54 können erste und zweite ladbare Schieberegister 98 und 100 mit dem Inhalt der ersten und zweiten asynchronen n -Bit-Zähler 94 bzw. 96 geladen werden. Wie in dem vorherigen Beispiel können die Inhalte der ladbaren Schieberegister 98 und 100 in Reaktion auf ein Taktsignal 92 während einer anschließenden Zählperiode ausgelesen werden.

Figur 7 ist ein schematisches Blockdiagramm, welches ein zweidimensionales Array von Bildzellen repräsentiert (ein Array aus Pixelzellen), welches r Spalten und s Reihen hat. Die $r \times s$ Pixelzellen sind mit einem logischen Steuerblock verbunden, welcher die Lade-, Reset-, Freigabe-, Halte- und Grenzwertsignale erzeugt, die allen Pixeln gemeinsam sind. Einige der Signale können in der Tat dieselben sein. Vorzugsweise sind die hohen und niedrigen Grenzwerte einstellbar, um zu ermöglichen, daß der gewünschte Energiebereich für akzeptierte Strahlungstreffer variiert werden kann. Der Steuerlogikblock kann die V_{dd} - und V_{ss} -Zuführspannungen empfangen und diese Spannungen außerdem dem Pixelarray 32 und dem Schieberegister 104 zuführen. Die ladbaren Schieberegister 90 oder 98 und 100 einer Reihe von individuellen Pixelzellen sind miteinander verkettet, so daß ein Serieneingang 46 eines ladbaren Schieberegisters 90 oder 98 eines Pixelschaltkreises mit dem seriellen Ausgang 48 eines ladbaren Schieberegisters 90 oder 100 eines benachbarten Pixelschaltkreises verbunden ist. Auf diese Weise werden die Ausgangswerte der einzelnen Pixelzellen miteinander verkettet, so daß sie ein langes Schieberegister bilden (in diesem Beispiel ein Schieberegister pro Reihe), welches mit einem n -Bit (oder $2 \times n$ -Bits in einer zweiten Auslegung) Schieberegister verbunden ist. Dieses Register hat eine zweifache X-Y-Speicherkapazität, so daß es sehr schnell s Reihen von n -Bit ($2 \times n$) Daten ausgeben kann. Der Takt für jede Pixelzelle wird über das Schieberegister 104 verteilt, um für jede Reihe des Pixelarrays auf dem Halbleitersubstrat dieselben Verzögerungspfade sicherzustellen.

Figur 8 zeigt das Schieberegister 104 nach Figur 7 mit mehr Einzelheiten. Dieses Schieberegister hat eine zweifache X-Y-Konfiguration, die aus einem horizontalen Schieberegister (Stufen Dxy) und einem schnellen vertikalen ladbaren Schieberegister (Stufen Oxy), gebildet wird. Jedes Bit aus den entsprechenden Reihen des Pixelarrays wird gleichzeitig in das vertikale Register geladen, nachdem alle Bits ($n/2 \times n$) für eine einzelne Pixelzelle ausgetaktet worden sind. Danach kann die nächste Pixelzelle ausgelesen werden, während die vorherigen s Reihen von Daten vertikal ausge-

lesen worden sind. Es versteht sich, daß das gemeinsame Ladesignal für die vertikalen Schieberegister mit der Markierung Oxy nicht in Figur 8 dargestellt worden ist.

Gemäß Figur 1 erkennt man, daß die Steuerelektronik 24 eine Kombination der Steuerlogik 102 und der Schieberegisteranordnung 104 aufweist. Die Steuerelektronik 24 ist über einen Pfad 5 angeschlossen, der schematisch durch den Pfeil 26 zu einem Bildprozessor 28 wiedergegeben wird. Demnach kann der Datenausgangswert aus dem Schieberegister 104 dem Bildprozessor 28 zugeführt werden. Der Bildprozessor 28 umfaßt einen Datenspeicher, in welchem er digitale Werte akkumuliert, die der Anzahl von Treffern auf die entsprechenden Pixel des Pixelarrays entspricht und identifiziert die Position jedes Pixels innerhalb des Arrays. Im Ergebnis kann jedes Bild als eine Wiedergabe eines zweidimensionalen Arrays von Pixelwerten gespeichert werden. Das zweidimensionale Array kann mit Hilfe irgendeiner geeigneten Datenbank gespeichert werden.

Der Bildprozessor 28 greift auf gespeicherte Bilddaten in der Datenbank zu, um ein gegebenes Bild (vollständig aus dem Array) oder ein Teil des Bildes (eine Teilabtastung des Bildarrays) auszuwählen. Der Bildprozessor liest den gespeicherten Wert für die ausgewählten Pixelpositionen 15 aus und bewirkt, daß eine Wiedergabe der Daten auf einer Anzeige 32 über einen Pfad angezeigt wird, der schematisch durch den Pfeil 30 wiedergegeben wird. Die Daten können selbstverständlich auch gedruckt werden statt daß sie angezeigt werden oder zusätzlich zu der Anzeige, und sie können weiteren Verarbeitungsvorgängen ausgesetzt werden. Hintergrund und Rauschen können als Konstante von jedem Pixelladungswert abgezogen werden. Diese Sockel- oder Hintergrundsubtraktion ist möglich, wenn vor der Bildaufnahme ein "Leerbild" aufgenommen wird. Für jedes Pixel wird ein Hintergrundwert abgeleitet und kann dann dementsprechend subtrahiert werden. Um den Betrieb des Bildprozessors und der Anzeige zu steuern, können Eingabeeinrichtungen 36, z.B. eine Tastatur, eine Zeigeeinrichtung etc. vorgesehen werden.

Es ist eine Abbildungseinrichtung und ein Abbildungssystem beschrieben worden, welches 25 exakte Zählungen einer Anzahl von Strahlungstreffern auf eine bestimmte Bildzelle eines Bildarrays ermöglicht. Ein Beispiel der Erfindung ermöglicht, daß die Vorteile einer Abbildungseinrichtung vom Sammlertyp, wie sie in der WO 95/33332 beschrieben wird, erhalten werden, mit dem zusätzlichen Vorteil, daß anstelle der Aufsammlung eines Ladungswertes für getroffene Pixel auf dem Array während einer Akkumulationsperiode die Anzahl der tatsächlichen Treffer in jeder Pixelzelle des Pixelarrays 30 aufgezeichnet wird. Dies liefert eine hochgenaue Abbildung, während es immer noch ein schnelles Auslesen mit geringer oder keiner "Totzeit" ermöglicht, die mit dem Auslesen verknüpft ist. Mit der bevorzugten Bereitstellung eines Grenzwertschaltkreises an jeder Pixelzelle kann der Pixelschaltkreis so ausgelegt werden, daß er nur diejenigen Strahlungstreffer innerhalb gewünschter Parameter der einfallenden Energie zählt. Im Ergebnis kann die Eingangseinrichtung abgestimmt 35 werden, um nur Bildstrahlung auszuwählen, welche den gewünschten Energiebereich oder die gewünschten Energiebereiche hat. Eine Abbildungseinrichtung mit diesem bevorzugten Merkmal der vorliegenden Erfindung ermöglicht demnach, daß gestreute Strahlung eliminiert wird und nur direkt einfallende Strahlung gezählt wird. Die Verwendung des Grenzwertschaltkreises auf den einzelnen Pixelschaltkreisen einer Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ermöglicht es, daß die Vor-

teile von Abbildungseinrichtungen, wie sie z.B. in der WO 95/33332 beschrieben werden, zusammen mit weiteren Vorteilen exakter Zählungen einfallender Strahlen auf jedem Pixel und der Unterschätzung einfallender Strahlungsenergie auf jedem Pixelschaltkreis erreicht werden.

5 Auch wenn spezielle Ausführungsformen der Erfindung beschrieben worden sind, so versteht es sich, daß die Erfindung nicht auf diese Ausführungsformen beschränkt ist und daß viele Modifikationen innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung möglich sind. Demnach sind auch wenn eine bestimmte Kombination einer Grenzwert- und Zählerschaltung beschrieben worden ist, andere Ausführungsformen innerhalb des Rahmens der Erfindung möglich.

10 Beispielsweise werden in der beschriebenen Ausführungsform die hohen und niedrigen Grenzwerte von der Steuerlogik 102 zugeführt und sie sind vorzugsweise einstellbar. In alternative Ausführungsformen jedoch könnten die hohen und niedrigen Grenzwerte in fester Weise von den Vdd- und Vss-Zufuhrspannungen abgeleitet werden.

15 Als Option kann, falls gewünscht, ein analoges Signal, welches der einfallenden Energie eines Strahlungstreffers entspricht, von dem Differentialverstärker 66 bei 106 (gestrichelte Linie) entnommen werden (siehe Figur 4). Dieses analoge Signal könnte dann in einer Ladungsspeichereinrichtung (beispielsweise in einem Transistor oder Kondensator) akkumuliert werden, um einen Wert zu ergeben, welcher der Gesamtenergie entspricht, die auf einen Pixeldetektor seit dem letzten Zurücksetzen der Ladungsspeichereinrichtung aufgetroffen ist.

97 909 356.4 - 0 932 842
Simage Oy

5

Patentansprüche

1. Halbleiterabbildungseinrichtung (16) für das Abbilden von Strahlung mit einer Bildzellenanordnung, die ein Halbleitersubstrat umfaßt, welches eine Anordnung aus Bilddetektorzellen (19) aufweist, welche in Reaktion auf einfallende Strahlung Ladung erzeugen, wobei die Halbleiterabbildungseinrichtung (16) außerdem eine Anordnung aus Bildzellenschaltkreisen (20) aufweist, wobei jeder Bildzellenschaltkreis (20) einer entsprechenden Bilddetektorzelle (19) zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Bildzellenschaltkreis (20) einer Zählenschaltkreis (44) für das Zählen einer Mehrzahl von Strahlungstreffern aufweist, die auf die zugeordnete Detektorzelle (17) auftreffen.
2. Abbildungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei der Bildzellenschaltkreis (20) einen Grenzwertschaltkreis (42) aufweist, der so angeschlossen ist, daß er Signale empfängt, die in der zugehörigen Detektorzelle (19) erzeugt wurden und die Werte haben, welche von der einfallenden Strahlungsenergie abhängen, wobei der Zählenschaltkreis (44) mit dem Grenzwertschaltkreis (42) verbunden ist, um nur Strahlungstreffer innerhalb eines vorbestimmten Energiebereiches oder innerhalb vorbestimmter Energiebereiche zu zählen.
3. Abbildungseinrichtung nach Anspruch 2, wobei der Grenzwertschaltkreis (42) erste (68) und zweite (70) Vergleicher bzw. Komparatoren für das Vergleichen eines Eingangssignalwertes mit oberen bzw. unteren Grenzwerten aufweist.
4. Abbildungseinrichtung nach Anspruch 3, wobei der Zählenschaltkreis (44) Strahlungstreffer zählt, die eine Energie haben, welche zwischen den ersten und zweiten Grenzwerten liegt.
5. Abbildungseinrichtung nach Anspruch 4, wobei der Zählerschaltkreis (44) einen Triggerschaltkreis (80) aufweist, der auf Ausgangsgrößen von den ersten (68) und zweiten (70) Vergleichen reagiert, um so eine Zahl in einem Zähler (88) in Reaktion auf Eingangssignale heraufzusetzen, die einen Wert zwischen dem ersten und dem zweiten Grenzwert haben.
6. Abbildungseinrichtung nach Anspruch 5, wobei der Triggerschaltkreis (80) einen Flip-Flop (84) aufweist, dessen Takteingang über einen Verzögerungsschaltkreis (86) mit einem Ausgang des zweiten Komparators (70) verbunden ist, wobei ein Datensignaleingang über einen Direktschaltkreis (80) mit einem Ausgang des ersten Komparators (68) und ein Ausgang mit dem Zähler (88) verbunden ist.

7. Abbildungseinrichtung nach Anspruch 6, wobei der Ausgang des Zählers (88) mit einem ladbaren Schieberegister (90) verbunden ist, wobei das Schieberegister (90) eines Bildzellenschaltkreises (20) mit entsprechenden Schieberegistern weiterer Bildzellenschaltkreise der Anordnung verkettet ist.
8. Abbildungseinrichtung nach Anspruch 4, mit einem ersten Zähler (94), der auf einen Ausgang des ersten Komparators (68) reagiert, und einen zweiten Zähler (96), der auf einen Ausgang des zweiten Komparators (70) anspricht.
9. Abbildungseinrichtung nach Anspruch 8, wobei ein Ausgang des ersten Zählers (94) mit einem ersten ladbaren Schieberegister (98) verbunden ist, und wobei der Ausgang des zweiten Zählers (70) mit einem zweiten ladbaren Schieberegister (100) verbunden ist, wobei die ersten und zweiten ladbaren Schieberegister (98, 100) eines Bildzellenschaltkreises (40) miteinander und mit entsprechenden Schieberegistern weiterer Bildzellenschaltkreise der Anordnung verkettet sind.
10. Abbildungseinrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei die Schieberegister der Bildzellenschaltkreise mit einer Anordnung von Ausgangsschieberegistern (104) außerhalb des Arrays verbunden sind.
11. Abbildungseinrichtung nach Anspruch 10, wobei das Ausgangsschieberegister (104) eine duale x-y-Konfiguration aufweist.
12. Abbildungseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Bildzelle eine Pixelzellenanordnung ist.
13. Abbildungseinrichtung nach irgendeinem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Anordnung aus Bildzellenschaltkreisen auf einem Halbleitersubstrat vorgesehen ist, welches von dem Halbleitersubstrat, welches die Anordnung aus Bilddetektorzellen enthält, getrennt ist.
14. Abbildungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Anordnung von Bildzellenschaltkreisen mit dem Halbleitersubstrat einschließlich der Anordnung von Bilddetektorzellen identisch ist.
15. Abbildungssystem mit einer Bildeinrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche.

20030000

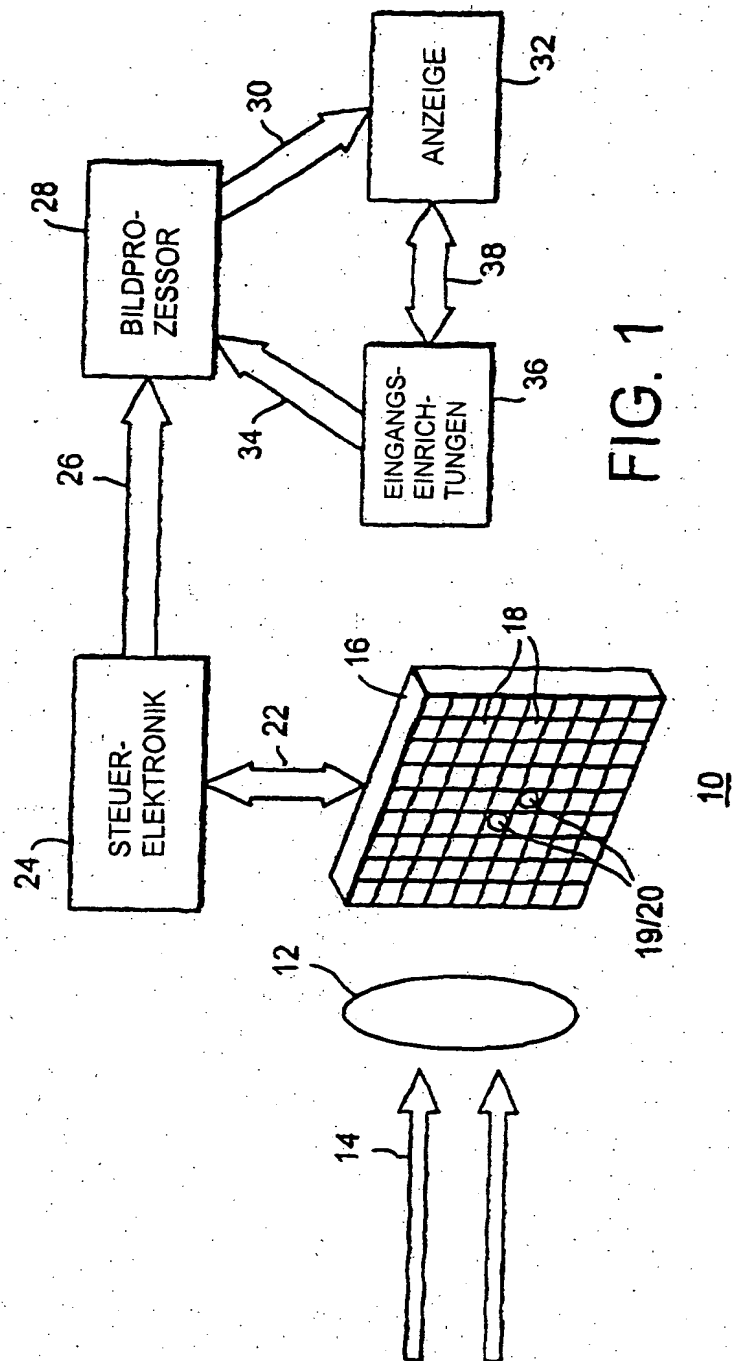


FIG. 1

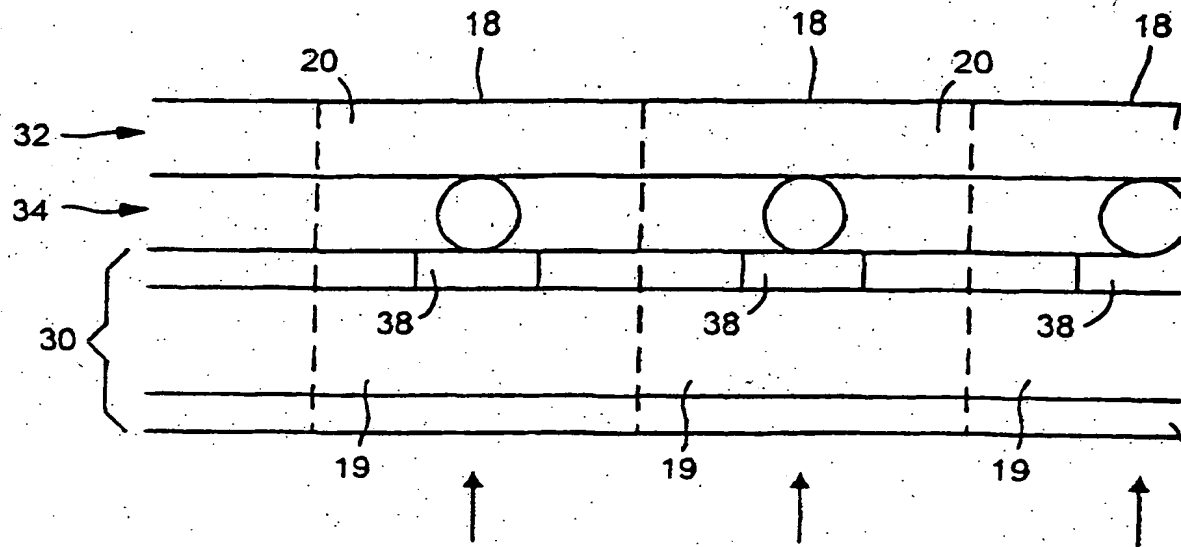


FIG. 2

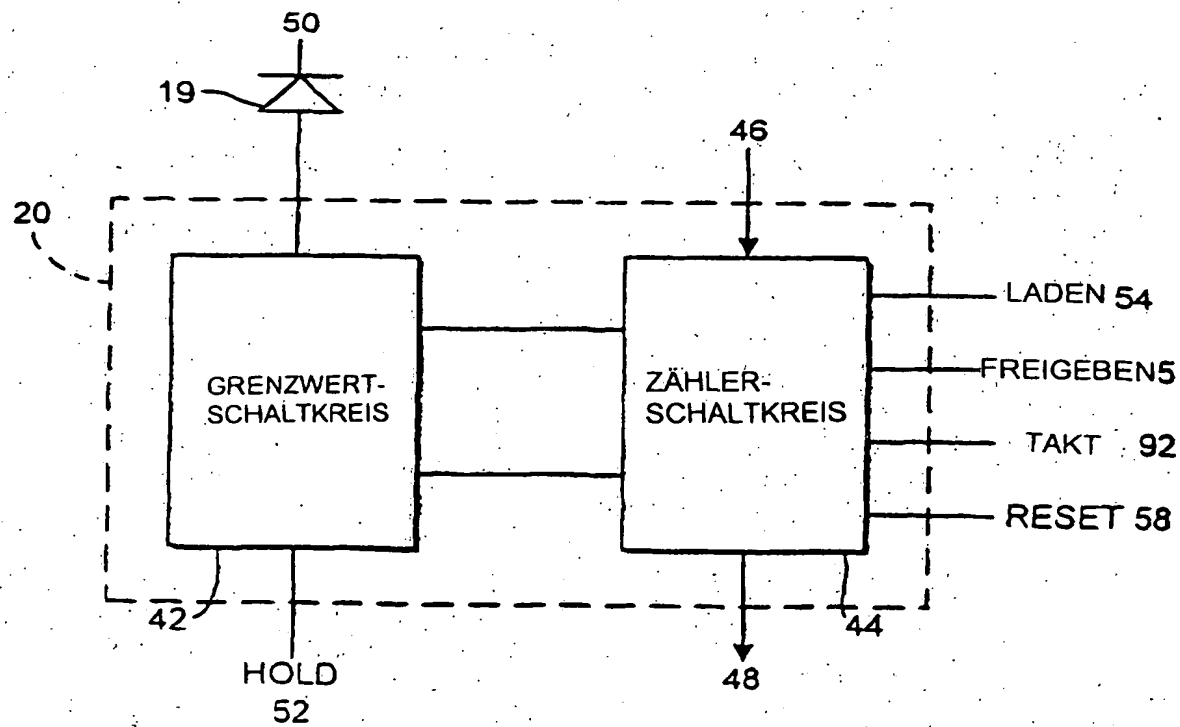


FIG. 3

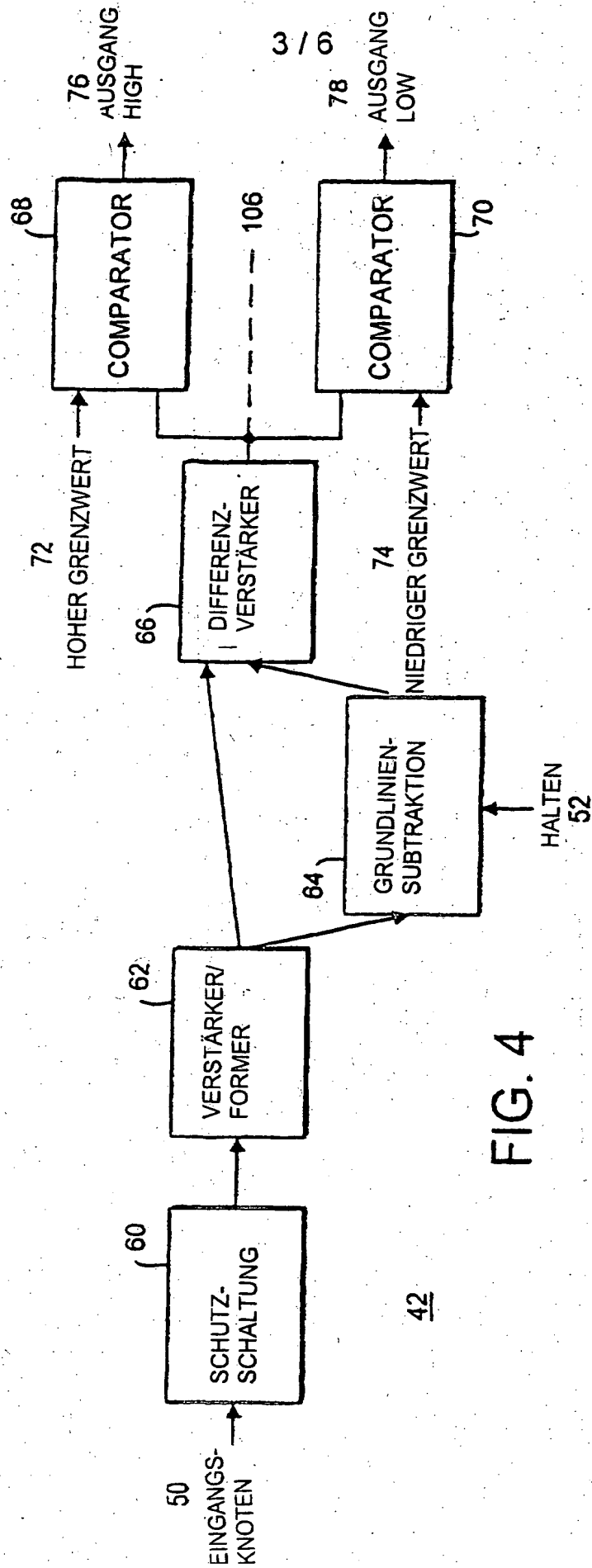


FIG. 4

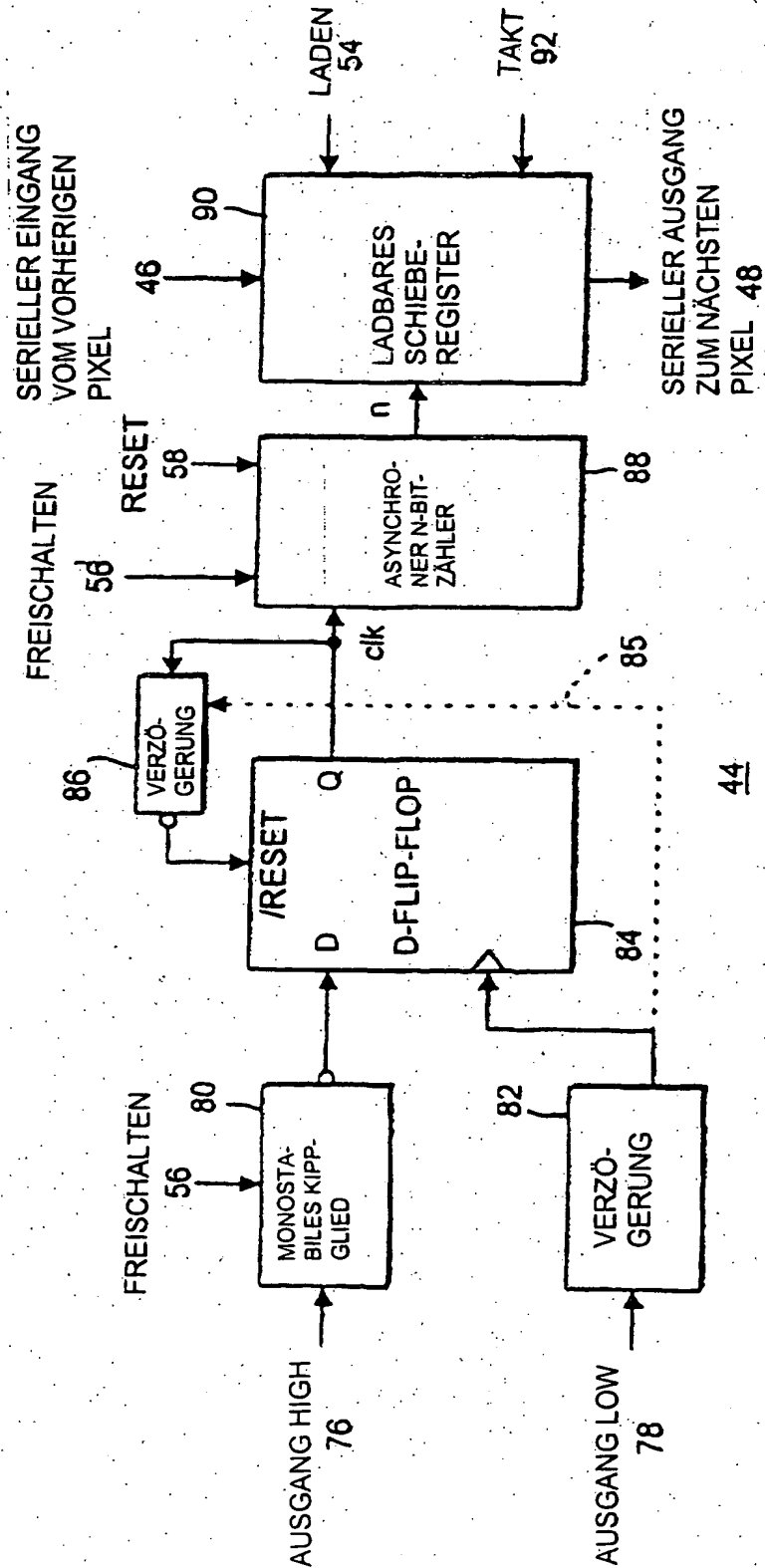


FIG. 5

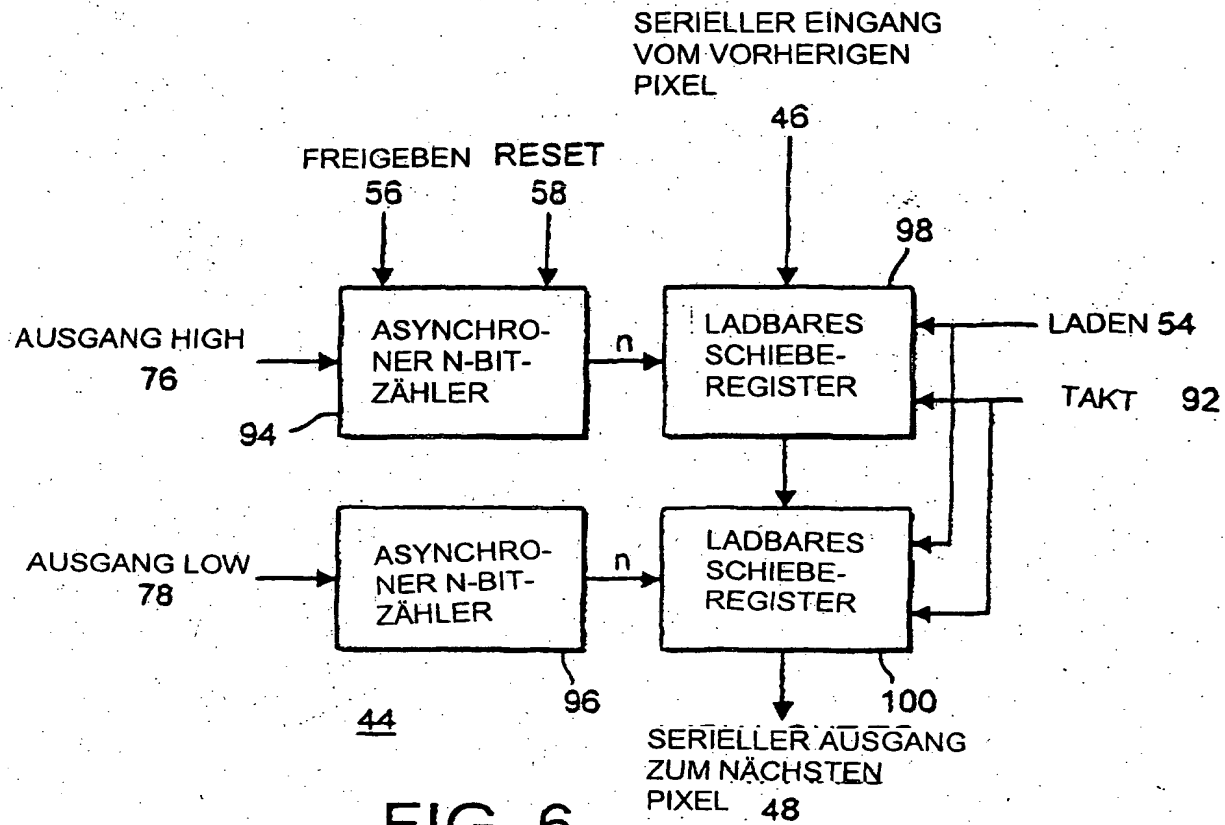


FIG. 6

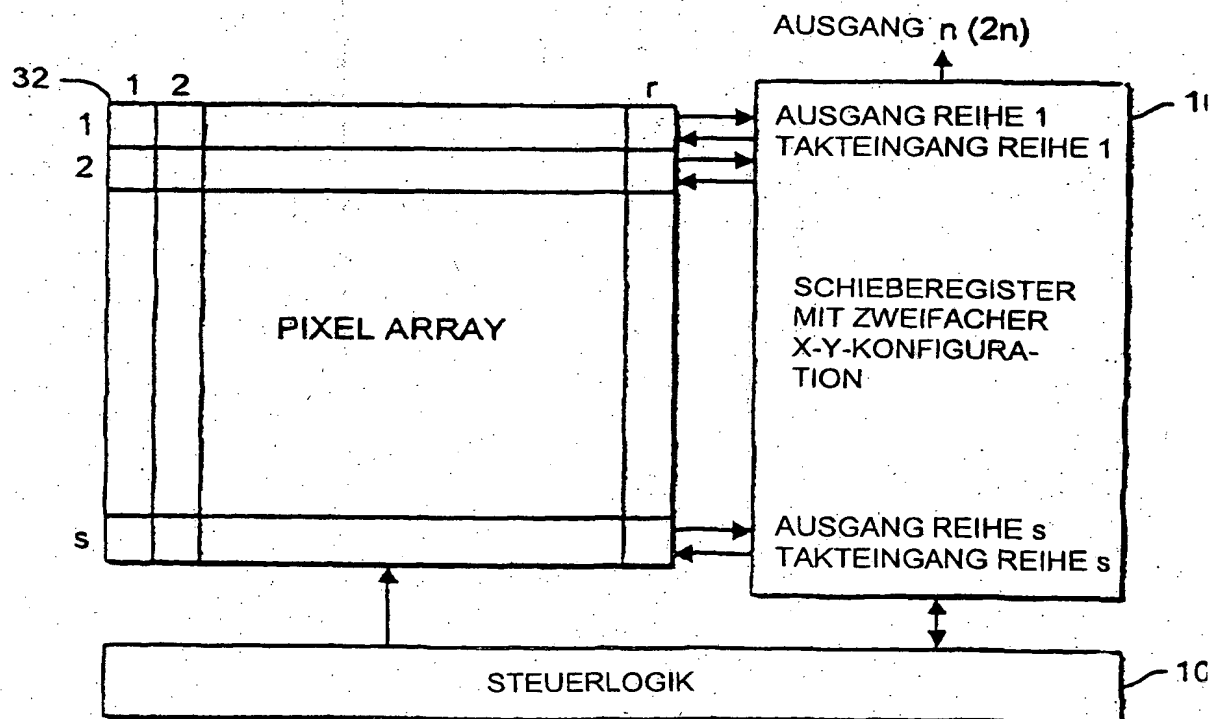


FIG. 7

